



**MINISTÈRE  
DE LA TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

# **Enjeux du bon état écologique, impacts de l'hydroélectricité et enjeu de conciliation dans le développement du potentiel**

➤ **La rivière n'est pas un tuyau : c'est un écosystème qui répond à des processus naturels structurants**

**En « courant », l'eau transporte des matériaux, des espèces, et échange avec la terre et le sous-sol**

Elle **fluctue**, elle diminue, elle déborde, elle ralentit, elle accélère, (hydrologie)  
elle **érode**, elle cure, elle nettoie, **elle dépose**, elle **s'infiltr**e, elle se stocke...

- Tout cela, elle le fait dans le cadre de la continuité des écoulements ou « **la continuité de la rivière** »
- **et produit des services gratuits**

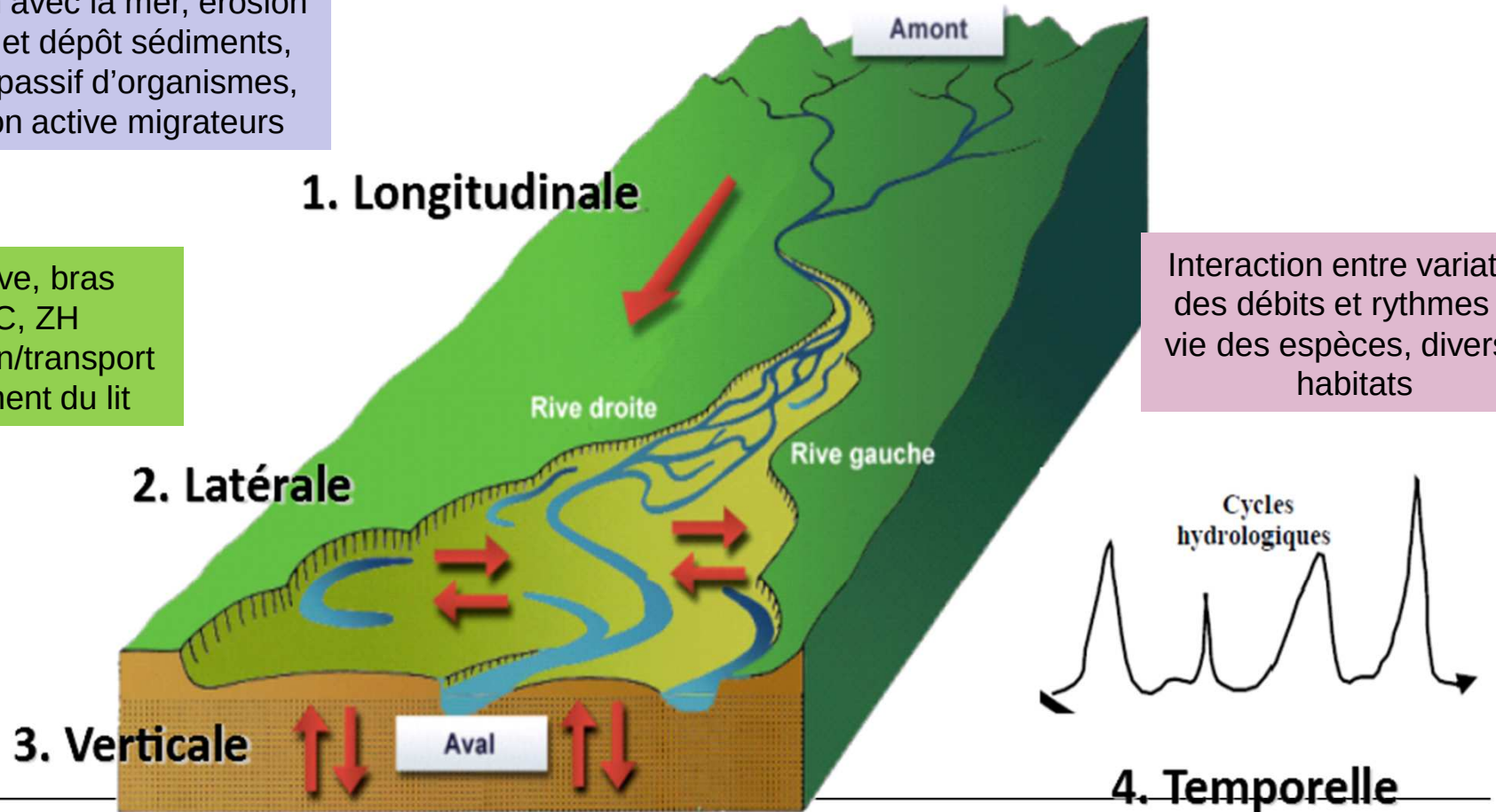
# Une continuité écologique en 4D

Interaction avec la mer, érosion  
transport et dépôt sédiments,  
transport passif d'organismes,  
montaison active migrateurs

Interaction avec ripisylve, bras  
morts, annexes, ZEC, ZH  
(soutien/drainage) érosion/transport  
sédimentaire, déplacement du lit

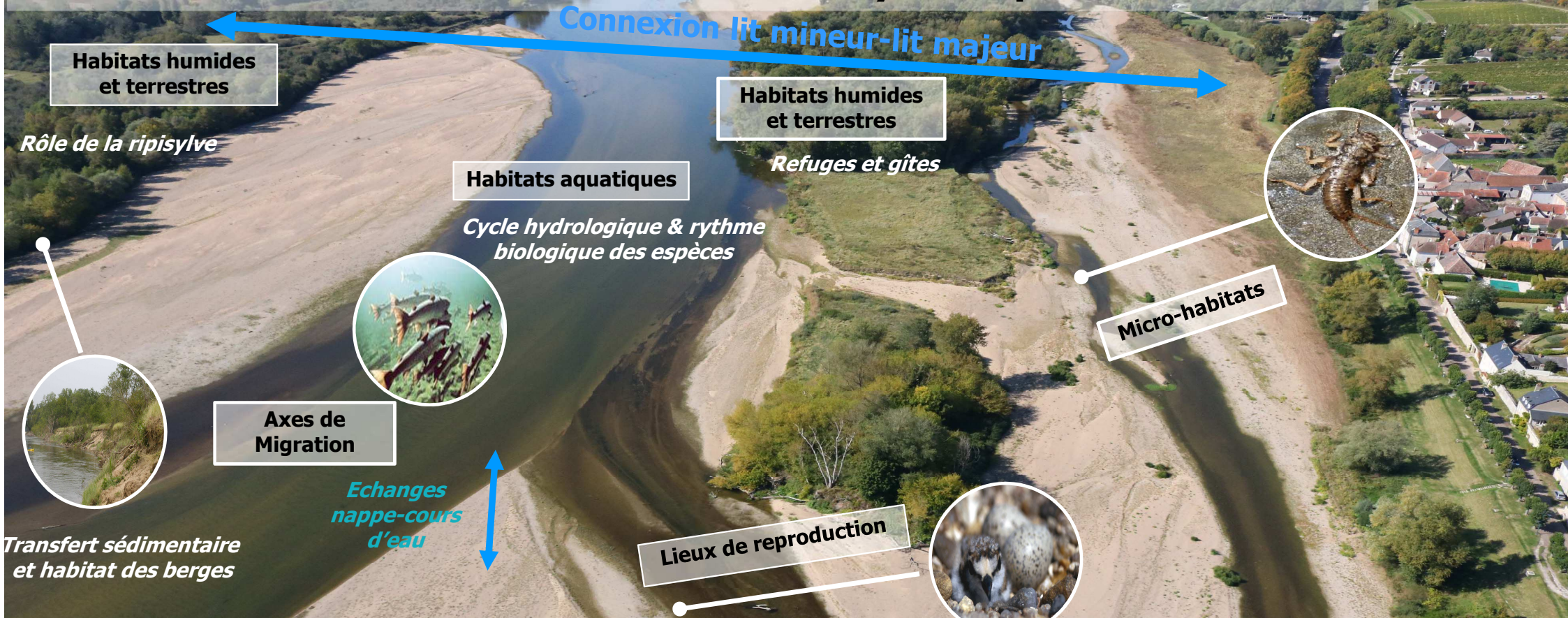
Interaction entre variation  
des débits et rythmes de  
vie des espèces, diversité  
habitats

Interaction avec nappes,  
eaux souterraines,  
profondeur du lit,  
soutien/drainage



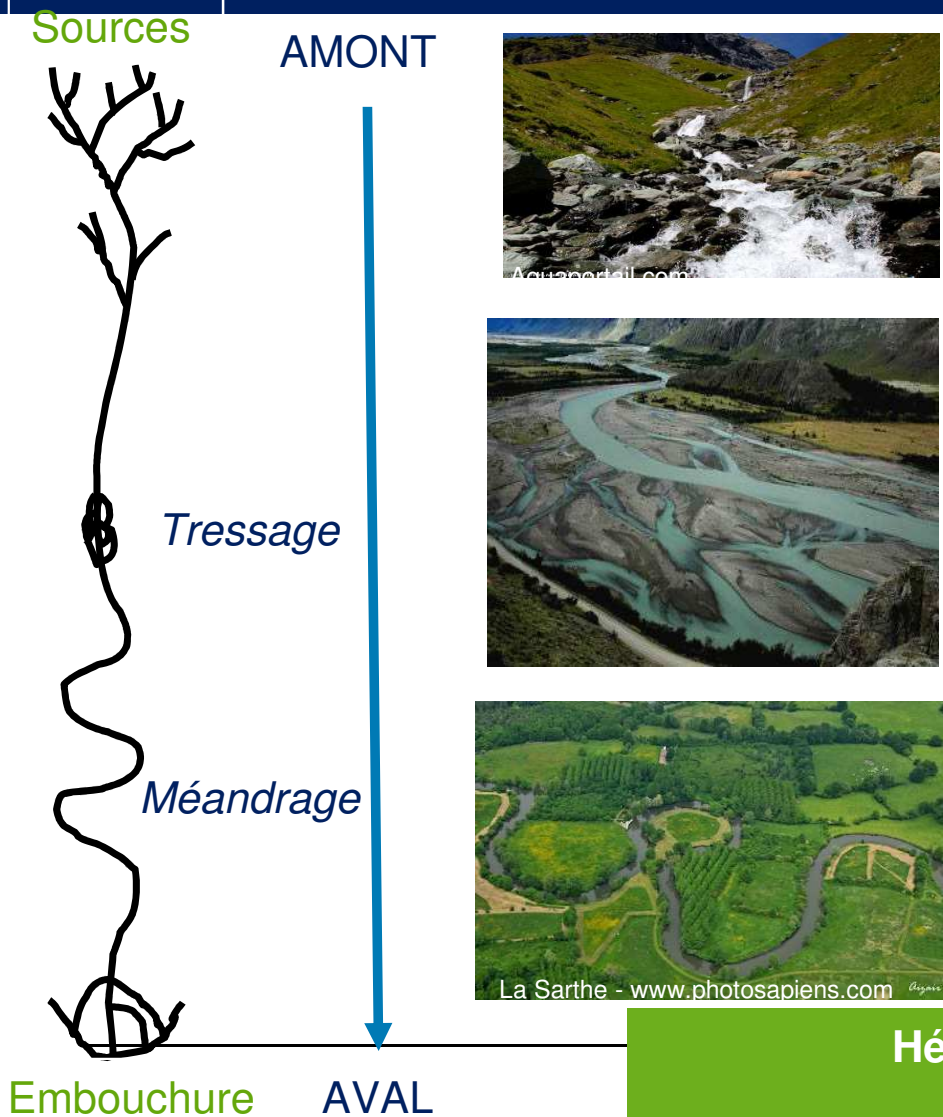
D'après Amoros et Petts, 1993

**Ce que la continuité 4D produit :**  
**Habitats dynamiques et diversifiés**  
**= biodiversité + services écosystémiques**



**Fonctions et services pour la société humaine :** éponge, amorti des crues, stockage naturel de l'eau en souterrain, en ZH ou dans la longueur du cours d'eau, soutien des étiages, Filtre, épuration, oxygénation, transport, rafraîchissement, **alimentation**, dépaysement, divertissement, repos

# La continuité : moteur et soutien des processus écologiques



- ✓ Hydrologie et flux sédimentaires sont intimement liés.
- ✓ En circulant **librement**, eau et sédiments créent une **diversité spatiale et temporelle d'habitats**, écologiquement variés.
- ✓ Cette **mosaïque d'habitats** est support de **biodiversité** et de **services écosystémiques**



**Hétérogénéité + Variabilité + Connectivité  
= Biodiversité + Résilience**

# La continuité : moteur et soutien des processus écologiques

Égalité  
Territoriale

✓ **Comportements et stratégies biologiques** sont calés sur la **diversité spatiale et temporelle des conditions d'habitat**.

*Ex. 1 : des poissons rejoignent leurs sites de reproduction lorsque les conditions de débit (hauteur d'eau, vitesses de courant...) et de température sont favorables.*

*Ex. 2 : des poissons remontent les cours d'eau pour fuir des conditions thermiques défavorables car l'augmentation de la T° fait baisser le taux d'oxygène.*

*Ex. 3 : des poissons cherchent des zones d'eau plus profondes ou plus favorables en cas de sécheresse.*

*Ex. 4 : des poissons vont fuir vers des conditions plus favorables en cas de pollution accidentelle.*

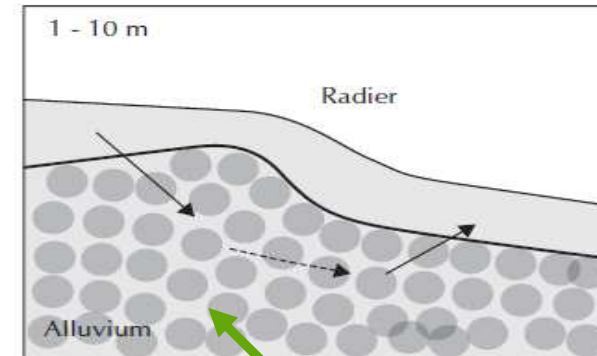
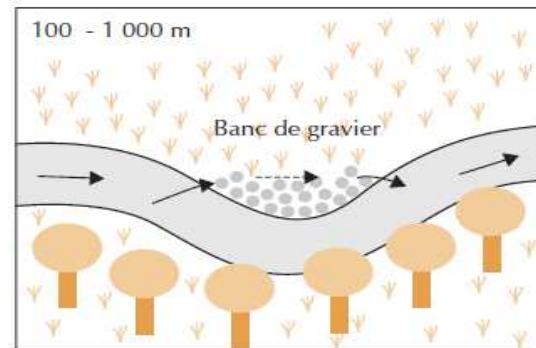
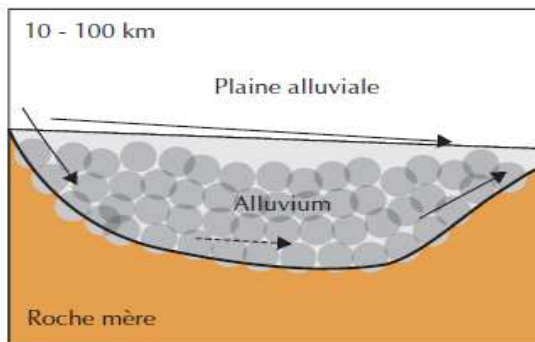
*Ex. 5 : la larve de la moule perlière s'implante dans la branchie de la truite pour remonter avec elle vers des lieux favorables à son grossissement.*

→ Importance de la continuité dans un contexte de **réchauffement climatique** : les espèces doivent pouvoir **se disperser dans un territoire suffisamment vaste** pour : accomplir leur cycle de vie, avoir accès à des eaux fraîches, augmenter leur population, s'échapper, multiplier les échanges génétiques

→ Ne concerne **pas uniquement les grands migrateurs** mais aussi les espèces plus locales, la truite parcourt plusieurs km vers l'amont et l'ensemble des espèces aquatiques dépend + ou - , même passivement, de la continuité

# La continuité : moteur et soutien des processus écologiques

- ✓ La **circulation de l'eau dans le substrat** favorise les processus **d'auto-épuration** des cours d'eau.



Source : Datry et al. (2008). La zone hyporhéique, une composante à ne pas négliger dans l'état des lieux et la restauration des cours d'eau. Ingénieries - EAT, IRSTEA édition, p. 3-18.

Présence de **détritivores** (ex : macroinvertébrés) et **décomposeurs** (ex : micro-organismes)

- ➔ **Ralentir** les écoulements **diminue cette circulation** et provoque le dépôt de **sédiments fins** qui réduisent encore ces échanges.

➔ Ralentir les écoulements peut **diminuer la capacité épuratrice** des cours d'eau, un **service écosystémique** important.

Ex : Valeur monétaire de la rétention d'azote par les rivières estimée à **2 milliards d'euros par an<sup>1</sup>**.

<sup>1</sup> EFES (2018). Les milieux humides et aquatiques continentaux. Rapport IRSTEA/MTES, p.103

## Les cours d'eau : de grands corps malades



- ✓ De nombreux **processus écologiques** dépendent de la continuité en cours d'eau.
- ✓ Des **services écosystémiques** importants dépendent du maintien de ces processus écologiques.
- ✓ Le cycle de vie des poissons, la structure et la **composition des communautés** (faune, flore) sont perturbées par l'altération de ces processus écologiques.

✓ Or, des siècles d'aménagements humains ont fortement altérés ces processus : **l'état des cours d'eau et de leur biodiversité n'est pas bon**

**44% de cours d'eau en bon état écologique**

**Constats vis-à-vis de la biodiversité d'eau douce :**

Entre 1970 et 2012 : **effondrement de 81 % espèces d'eau douce**, devant les espèces terrestres (- 38 %) et marines (- 36%).

**En France**, selon UICN 2019:

**28 % des crustacés**

**39 % des poissons d'eau douce sont menacés ou quasi.**

**19 % des poissons en risque de disparition.**

✓ Causes : disparition des habitats, fragmentation et perturbation hydrologie + pollution



# Les cours d'eau : de grands corps malades

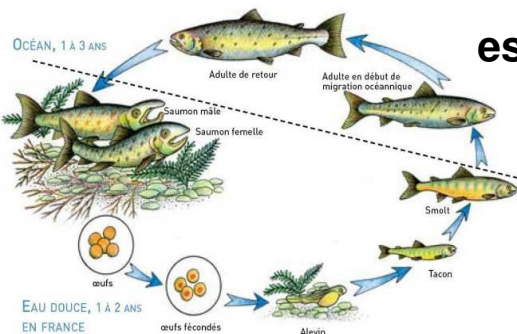


**En métropole** : 1 espèce sur 5 de poisson est menacée et 39% menacée ou quasi  
**7 espèces de poissons amphihalins (cycle alternativement en eau douce et en eau salée)**  
**2 classées « quasi menacées »** (saumon atlantique, alose feinte),  
**1 « vulnérable »** (lamproie fluviatile, + saumon de l'Allier),  
**1 « en danger »** (lamproie marine)  
**3 en « danger critique d'extinction »** (esturgeon, anguille, grande alose)



Saumon Atlantique

Plan de gestion en application directe du **règlement européen anguille de 2007**, qui impose de réduire toutes les causes mortalité et de renforcer ses possibilités de migration (extension de son territoire)



**espèces holobiotiques (cycle seulement en eau douce):**

- brochet et ombre commun sont classés « vulnérables »
- apron du Rhône (bénéficie d'un Plan National d'Action)
- omble chevalier « en danger »,
- chabot du Lez « en danger critique d'extinction »



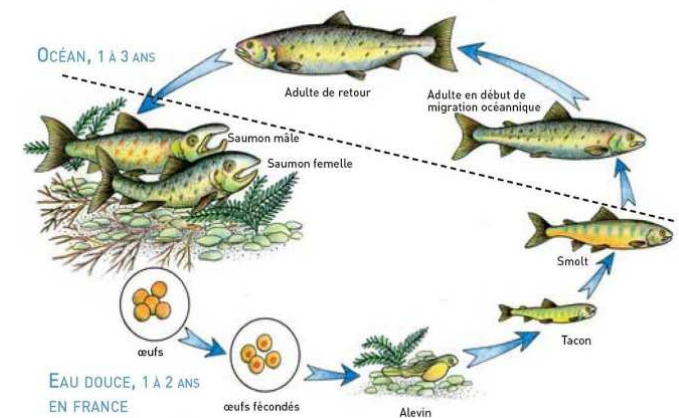
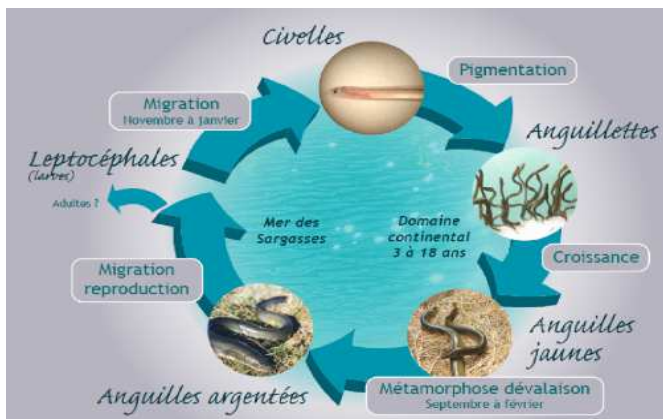
**22 espèces de poissons protégées sur l'ensemble du territoire national**

# Enjeux continuités : amphihalins, holobiotiques et sédiments

- **Amphihalins** - : Migrations longues : **enjeu du cumul** : échecs, retards, blessures = exigence très forte d'efficacité ; réduction du nombre d'obstacles à franchir est essentielle car perte de géniteurs à chaque passe à poisson + **enjeu d'augmenter habitats**
- **Holobiotiques** - : migrations + courtes ; enjeux + ponctuels: accès frayères, habitats, espace de dispersion suffisant, échanges génétiques

Présence, abondance, non présence, zonage des poissons : depuis toujours des **indicateurs de fonctionnement du cours d'eau**

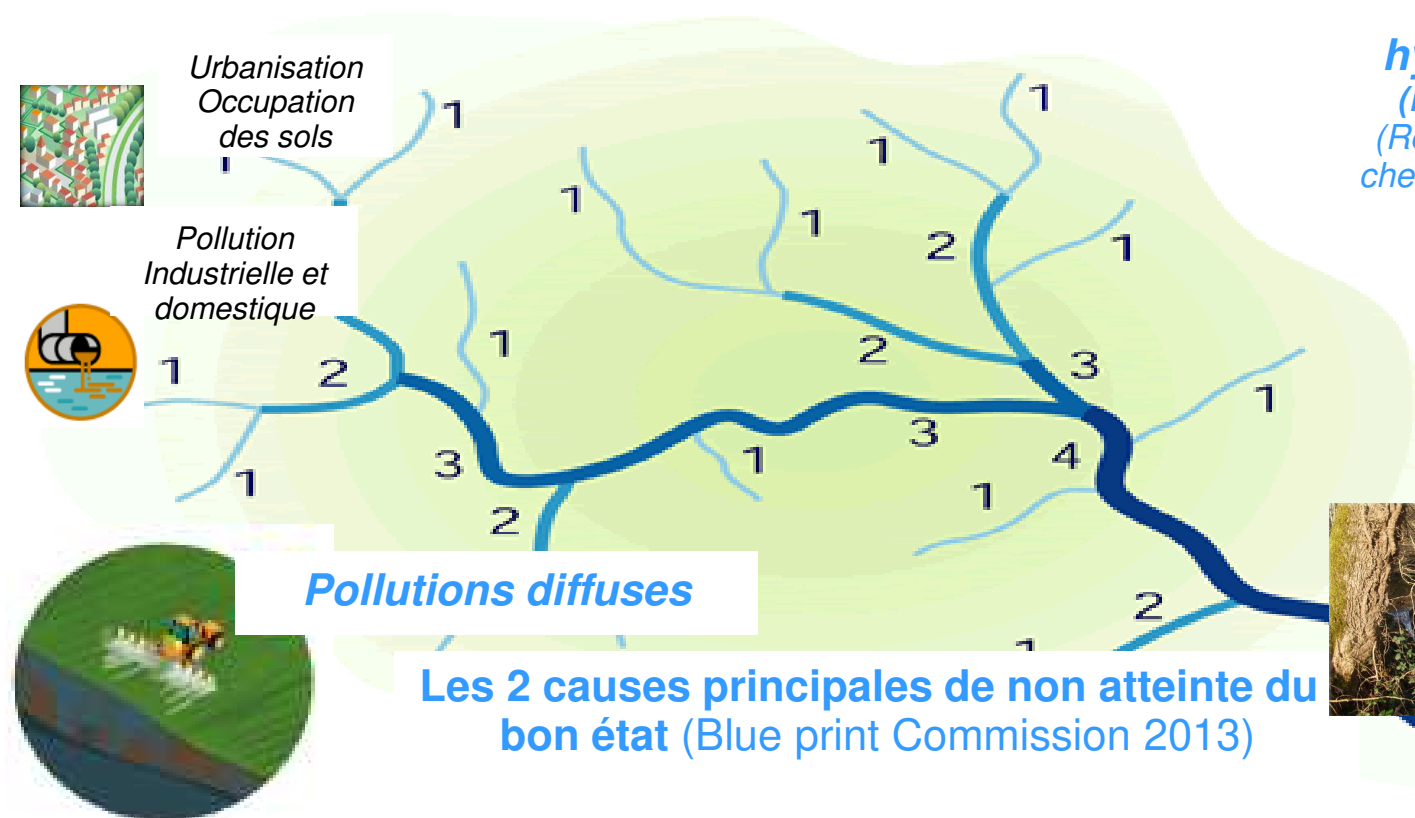
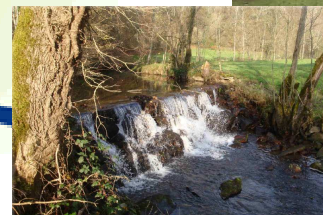
- **Sédiments** - supports des habitats, cicatrices profondes (extractions en lit mineur) enjeux très différenciés en fonction des ouvrages et de leur situation sur le bassin



# DCE et classements de cours d'eau : une réponse à ce constat

- ✓ DCE : objectif de non détérioration et bon état des eaux en 2015, 2021 ou 2027
- ✓ impose de prendre **mesures sur les pressions des activités humaines** pour restaurer la biodiversité, qui passent par restauration du bon fonctionnement du cd'e et donc par **préservation et restauration de la qualité hydro-morphologique** dont la continuité est un élément

**Altérations hydromorphologiques**  
(Dénaturations physiques)  
(Rectifications, régulation débit, chenalisation, incision, obstacles, endiguement...)



# DCE et classements de cours d'eau : une réponse à ce constat

- DCE = objectif de **bon état** = objectif de biodiversité (indicateurs biologiques) **garant de la restauration, ou du maintien, de services écosystémiques**
- Le bon fonctionnement des milieux humides de surface = élément d'évaluation de la qualité de l'état des eaux souterraines
- Des éléments **soutenant les indicateurs biologiques** (cours d'eau) : **éléments de qualité hydromorphologique:**

## indicateurs biologiques:

- flore (phytoplancton, diatomées, phytobenthos)
- Invertébrés benthiques (larves, vers, moules, crustacés,...)
- poissons

## Annexe V DCE

### Hydrologie

- Quantité et dynamique des écoulements
- Connexion aux masses d'eau souterraines

### Continuité

- Transport des sédiments
- Migration des organismes aquatiques

### Conditions morphologiques

- Variations de la profondeur de la largeur
- Structure et substrat du lit
- Structure de la rive

*Débits écologiques*

*Continuité écologique*

*Structures écologiques*



= Cadre de fonctionnement des services rendus

# Les classements de cours d'eau

## Outils juridiques français pour la DCE

(préserver ou restaurer les fonctionnalités naturelles)

- □ Article **L.214-17** du code de l'environnement (LEMA 2006)

### Classements des cours d'eau :

- pour préserver la continuité écologique **Liste 1**
- ou la restaurer **Liste 2**

Cible principale visée : **les ouvrages transversaux en lit mineur**

- □ Des listes établies par expertise et concertation, officialisées par des **arrêtés du Préfet coordinateur de bassin** après étude de l'impact sur les usages (2012-2013 bassins métropole continentaux; 2014-2015 Corse, DOM)

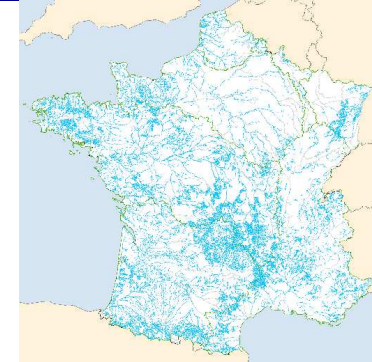
Continuité écologique = ***libre circulation des poissons et le transport des sédiments***

— ***Définition de l'obstacle à la continuité: R.214-109*** —

# Les différents objectifs des classements vis-à-vis de la continuité écologique

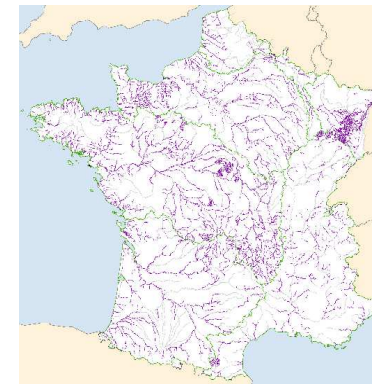
## ☐ **Liste 1 : Protection** contre de nouveaux obstacles

- Très bon état écologique (références)
- Réservoirs biologiques (ensemenceurs)
- Axes Migrateurs amphihalins
- = **Pas d'autorisation de nouveaux ouvrages**



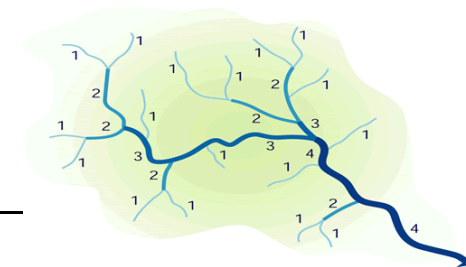
## ☐ **Liste 2 : Restauration** de la continuité écologique: assurer la circulation piscicole et le transport suffisant des sédiments sur les obstacles existants dans un délai de 5 ans (désormais + 5 ans dans certains cas )

- Pas de critères fixés dans la loi = **Evaluation au cas par cas**  
**Enjeux coûts/gains, axes amphihalins privilégiés**



## ☐ **Cours d'eau non classés** :

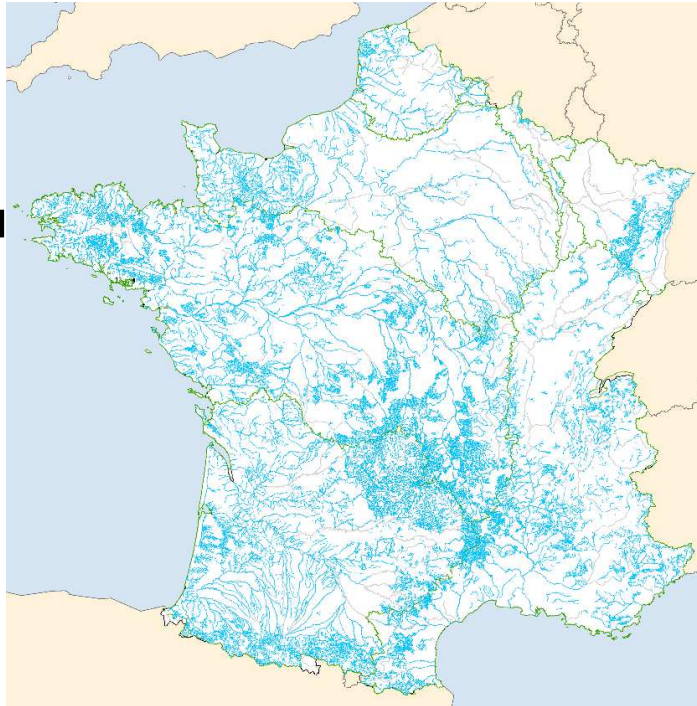
- Séquence **Eviter-Réduire-Compenser** (ERC)
  - Respect des minimums légaux
- = **Installation d'ouvrages sous Autorisation**



# Bilan classements de cours d'eau

## □ Liste 1 :

- 30 % des cours d'eau

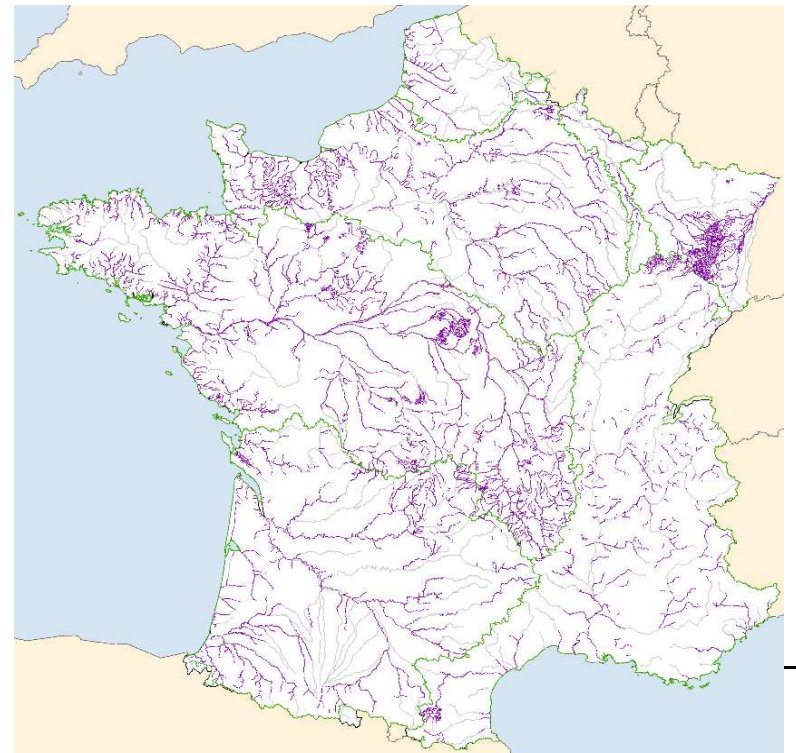


## □ Liste 2 :

- 11 % des cours d'eau
- 24 % des obstacles ROE
- 1 obstacle aux écoulements tous les 2 km

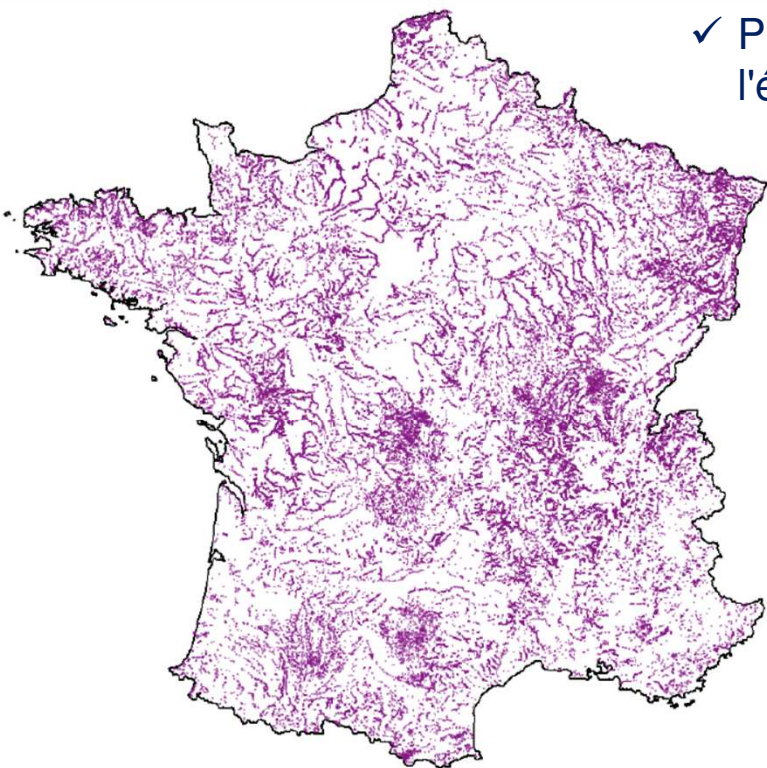
## □ Les cours d'eau L2 sont quasi tous aussi L1

- Les L2 sont en grande majorité des axes à grands migrateurs amphihalins ou espèce piscicole indicatrice ou en danger (truite, appron)



# Impacts des ouvrages en lit mineur, même petits, et de l'hydroélectricité

- ✓ **Les ouvrages** transversaux et latéraux peuvent **altérer la continuité** écologique et **impacter plus ou moins fortement** ces **processus écologiques**.



- ✓ Plus de **100 000 obstacles** recensés dans le référentiel des obstacles à l'écoulement<sup>1</sup>.

- ✓ **Tous n'ont pas un impact** sur la continuité écologique.
  - ✓ En liste 2: 5000 ouvrages prioritaires à traiter d'ici 2027, dont 1600 seuils de "moulins".
- ✓ Tous cours d'eau : ~2500 installations hydro en exploitation
  - 400 font 95% production
  - 1 700 font 1,8%
  - **50% des installations (soit 1300)** en France (entre 20 et 500kW) = **0.2% de la production** d'électricité<sup>2</sup>.



□ Les "petits" ouvrages peuvent avoir un impact significatif sur la continuité écologique, en fonction de leur positionnement sur le bassin et par l'effet de leur cumul sur un cours d'eau.

<sup>1</sup> Base **R.O.E.** disponible à :  
<http://www.sandre.eaufrance.fr/atlas/srv/fre/catalog.search#/metadata/5a2cdc66-36be-4bc7-be00-e04736bc7ba6>

<sup>2</sup>. Source : Brandeis M., Michel D. (2016). Concilier la continuité écologique des cours d'eau avec la préservation des moulins patrimoniaux, la très petite hydroélectricité et les autres usages. Pour un développement durable et partagé. Rapport détaillé d'état des lieux (p19). Rapport n° 008036-03. Décembre 2016. Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable (CGEDD)

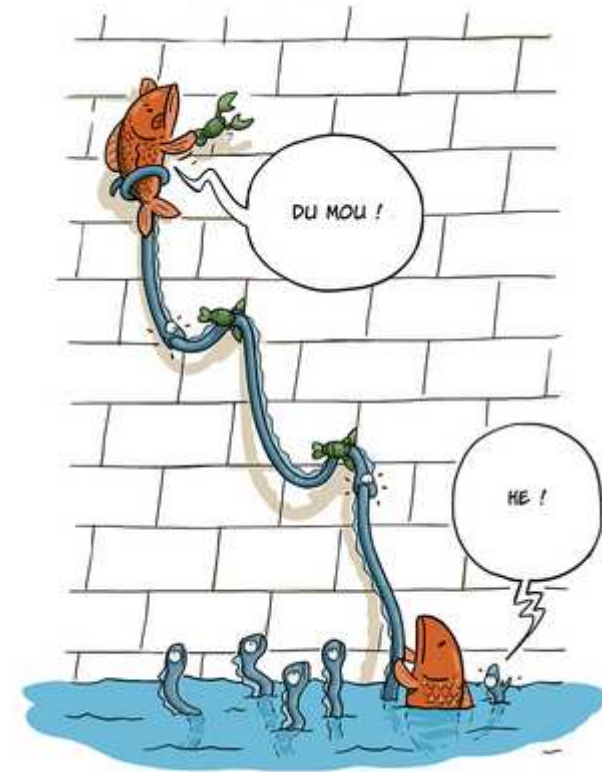


# Impacts des ouvrages en lit mineur, même petits, et de l'hydroélectricité

Potential

## Effet "barrière" (1)

- ✓ Impacte beaucoup les **poissons**, qui ne peuvent **ni contourner** l'obstacle (ex : crustacés...), **ni le survoler** (ex : insectes adultes...).
- ✓ A partir de **20 cm**, un obstacle est **infranchissable** pour la plupart des poissons.
- ✓ Peu d'espèces piscicoles savent sauter : l'obstacle doit alors être **submergé pour être franchi** (tirant d'eau minimal + vitesse pas trop forte pour la nage).



<http://www.graie.org/eaumelimo/Meli-Melo/Questions/La-continuite-ecologique>



<https://www.hakaimagazine.com>

- ✓ Même pour les **espèces sauteuses** :
  - des **petits obstacles** peuvent être problématiques (conditions pour pouvoir sauter ?).
  - un obstacle **de plus d'1 m est presque toujours infranchissable**.

# Impacts des ouvrages en lit mineur, même petits, et de l'hydroélectricité

Potomac

## Effet "barrière" (2)

- ✓ Limite (empêche) l'**accès aux frayères**, réduit la diversité génétique.
- ✓ Favorise la **prédation**.
- ✓ **Impacts cumulés** si nombreux obstacles à franchir : arrivée trop tardive sur les frayères, épuisement, blessures, mortalités dans les turbines...



# Impacts des ouvrages en lit mineur, même petits, et de l'hydroélectricité

Peatrucci

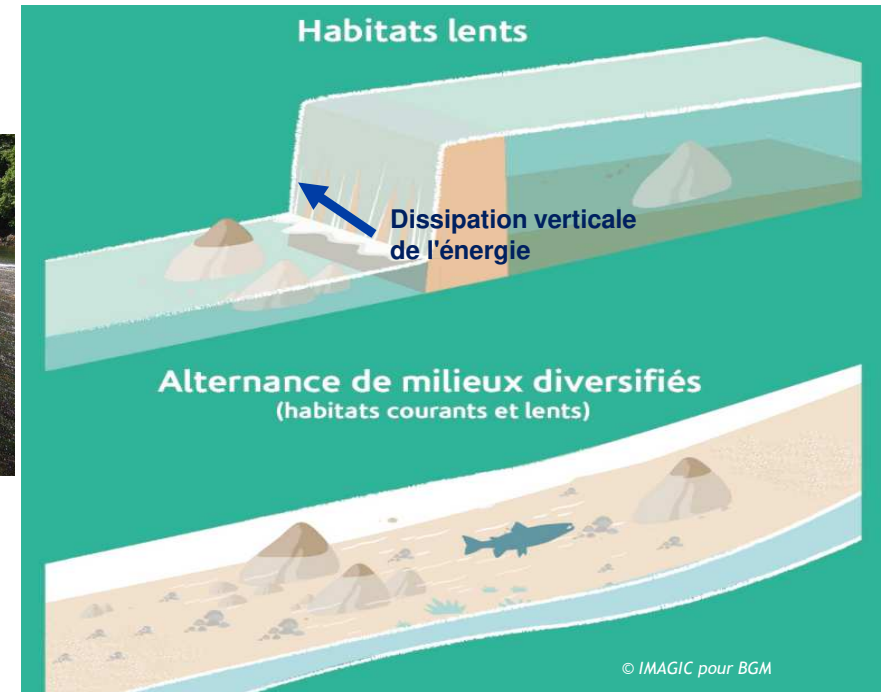
## Effet « retenue, modifications des habitats »



Le Gave d'Ossau en écoulement libre



Le Gave d'Ossau en amont du seuil de Ponsa



### ✓ Ralentissement de l'écoulement

→ Réchauffement de l'eau

→ Évaporation

→ Modification de la **qualité** de l'eau (dont oxygène dissous)

→ Impact sur le **transport sédimentaire** (grands ouvrages)

### ✓ Changements écologiques

→ Développement de **végétation**

→ **Changement des communautés** animales : invertébrés, poissons (espèces non présentes en absence de perturbation)

→ Modification des **chaines trophiques**

# Impacts des ouvrages en lit mineur, même petits, et de l'hydroélectricité

Patrimoine

Effet « retenue, modifications des habitats »



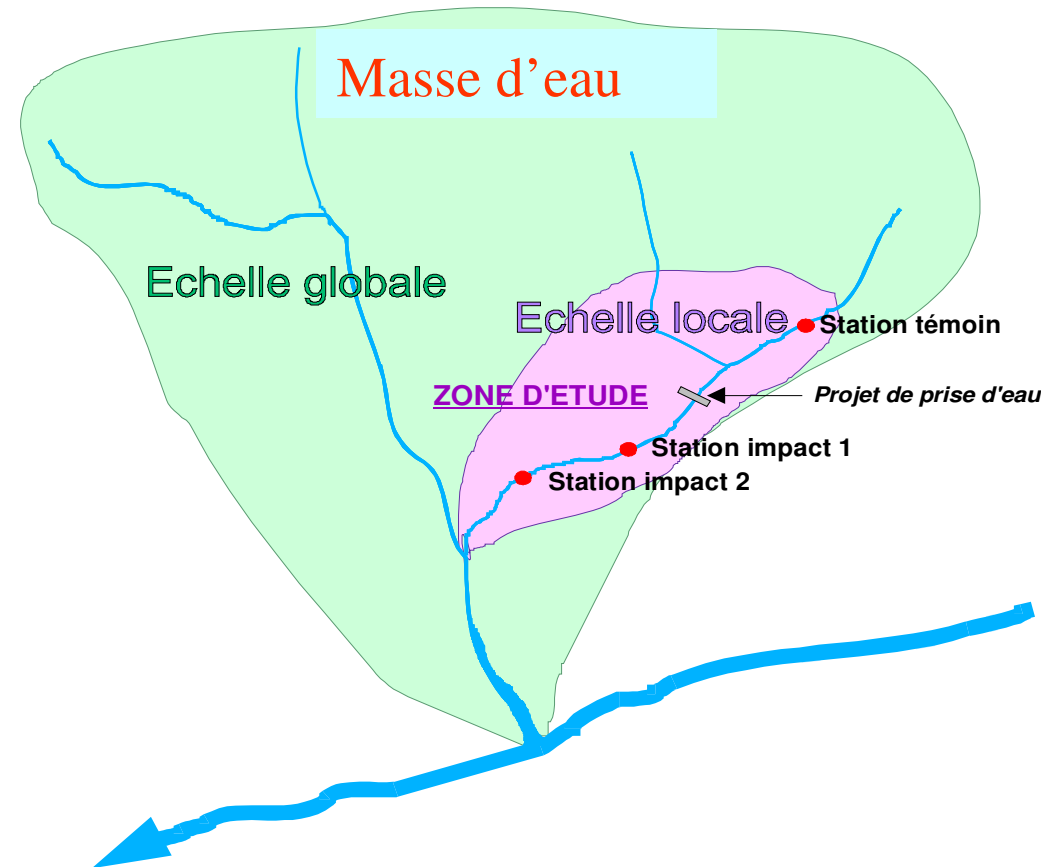
Blocage des sédiments, colmatages des fonds, impacts sur quantité et qualité eau



# Echelle d'analyse des impacts de l'hydroélectricité

## Compatibilité d'un impact nouveau s'évalue :

- A l'échelle locale (tronçon fonctionnel)
- A l'échelle globale (masse d'eau, bassin versant)
- Prise en compte du **cumul des impacts**



# Différents risques d'impacts selon la nature des projets hydroélectriques

Potential

## Création de nouveaux aménagements hydroélectriques

- **Ennoiement** par l'effet retenue en amont du seuil/barrage, **stabilisation ligne d'eau** en amont, **ralentissement**, **colmatage**
- Modifications du régime hydrologique : **dérivation de l'essentiel du débit** ou **éclusées** ou **stockage et régulation** du débit aval, reprise de vitesse aval et érosion
- Création d'un **obstacle à la continuité** écologique : libre circulation piscicole montaison et dévalaison et transit sédimentaire,

## Équipement des seuils existants (fonctionnement au fil de l'eau)

- Ennoiement et obstacle à la continuité écologique déjà existants, éventuellement modifications régime hydrologique déjà existants aussi si déjà dérivations ou prélèvements
- Modification du régime hydrologique si création **tronçon court-circuité** ou si **augmentation de la dérivation**/prélèvement actuel ou **augmentation de la période** dérivation
- Impact libre circulation piscicole à la dévalaison (installation de turbines)
- Modifications efficacité de dispositifs de franchissement existants

## Suréquipement d'aménagements existants : augmentation hauteur de chute ou ouvrage ou augmentation du débit dérivé

- Impacts précédents déjà existants
- **Augmentation des impacts résiduels** : aggravation de la modification du régime hydrologique, des risques de mortalités à la dévalaison, de l'obstacle à la continuité, de l'enneiement amont et effet retenue, etc. en fonction des configurations

—

# Différents risques d'impacts selon la nature des projets hydroélectriques

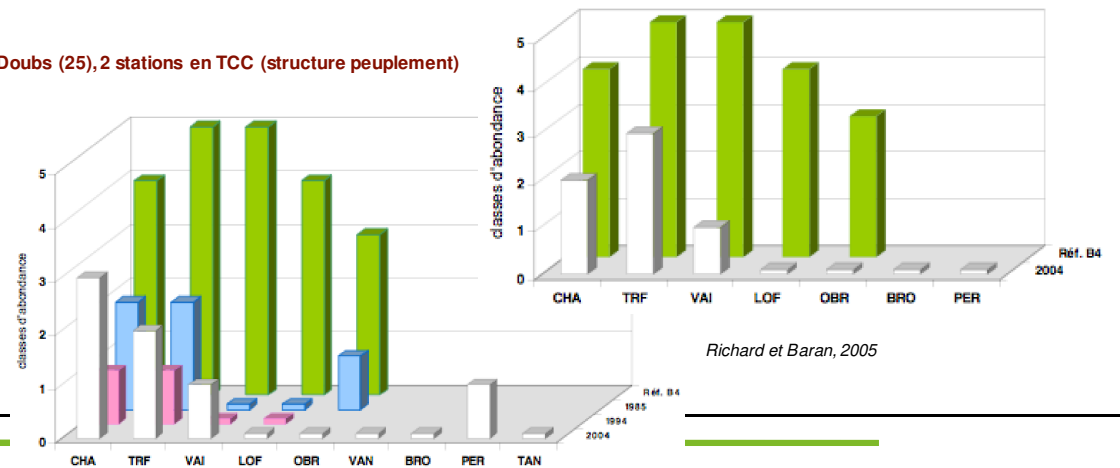
Patrimoine

## Modification du régime hydrologique – Tronçons court-circuités (TCC) et cas des éclusées

- Augmentation des bas débits en valeurs, en durée et en saisonnalité
  - ➔ Simplification des faciès d'écoulement
  - ➔ Réduction des surfaces d'habitats
  - ➔ Modification des caractéristiques hydrauliques des habitats
  - ➔ Impacts thermiques
- Réduction des crues morphogènes et des variations de débits
  - ➔ Modification des processus d'érosion / dépôt dans le tronçon court-circuité
- Intensité de l'impact dépend de la longueur du TCC, du débit dérivé et du débit du cours d'eau
- Eclusées : TCC + très fortes variabilité des débits, amplitudes journalières inhabituelles, répétition des variations et imprévisibilité



Doubs (25), 2 stations en TCC (structure peuplement)



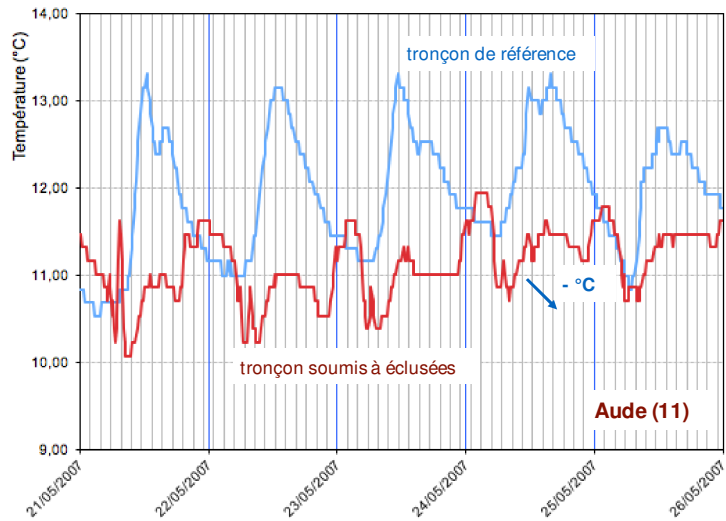


# Différents risques d'impacts selon la nature des projets hydroélectriques

Peatremil

## Modification du régime hydrologique – Cas des éclusées

Gave d'Ossau (64), aval centrale de Geteu



Exondation de frayères de Salmonidés sur la Dordogne en aval d'argentat (19)



Echouage-piégeages sur la Maronne (Lascaux et al. 2006)



# Enjeux du développement « durable » de l'hydroélectricité

## Cadre d'une bonne étude de potentiel et de bons objectifs PPE

Potential

Concilier développement, et donc nouveaux impacts, avec l'objectif de bon état qui nécessite restauration des fonctionnalités des milieux et d'un niveau de qualité hydromorphologique suffisant pour ne pas détériorer ou pour atteindre le bon état

- Accepter de nouveaux impacts tout en réduisant les impacts existants
- Contexte d'une énergie au potentiel déjà très exploité : ce qui reste est logiquement « difficile »
  - Sélection et pondération niveau de production / niveau impact
- Préférence pour des équipements et optimisation d'ouvrages existants + STEP sur les cours d'eau ou secteurs à moindre enjeu

- **Nouveaux ouvrages:**

- éviter au maximum les enjeux : importance **du choix de l'emplacement : Pas en liste 1** mais pas que (label rivières sauvages? espèces protégées, sites et paysages, urbanisme)
  - Importance de l'enjeu **d'effets cumulés** (jusqu'où peut on encore ajouter de nouveaux obstacles sans détériorer la masse d'eau et sans condamner le fonctionnement du cours d'eau?)
  - Faut-il équiper au maximum ou réduire l'ambition d'optimisation de production pour réduire l'impact (plus de débit réservé pour des espèces emblématiques, endémiques, pour le caractère « ville d'eau »)?
- 
- STEP : choix très importants des sites et réductions impacts éclusées très important

# Enjeux du développement « durable » de l'hydroélectricité

## Cadre d'une bonne étude de potentiel et de bons objectifs PPE

Potential

Concilier développement, et donc nouveaux impacts, avec l'objectif de bon état qui nécessite restauration des fonctionnalités des milieux et d'un niveau de qualité hydromorphologique suffisant pour ne pas détériorer ou pour atteindre le bon état

- Accepter de nouveaux impacts tout en réduisant les impacts existants
- Contexte d'une énergie au potentiel déjà très exploité : ce qui reste est logiquement « difficile »
  - Sélection et pondération niveau de production / niveau impact
- Préférence pour des équipements d'ouvrages existants et optimisation + STEP sur les cours d'eau ou secteur à moindre enjeux

- **Équipement d'un ouvrage existant :**

- En liste 1 : voir conditions en annexe V de l'instruction du 30 avril 2019
- Hors liste 1 : conditions au cas par cas : pas d'aggravation d'impacts (ER – Compensations solides) ce qui peut s'obtenir en réduisant les impacts existants à cette occasion
- Pour les remises en service : voir l'annexe IV de l'instruction du 30 avril 2019 sur la pondération des enjeux

- **Augmentation ou optimisation de puissances existantes:** choix du gain maximum pour impact minimum et pas d'aggravation d'impacts au final (ER- compensations solides), ce qui peut s'obtenir en réduisant des impacts existants à cette occasion; si STEP : importance de la réduction des impacts existants des éclusées

*Merci pour votre attention*